干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

doi:10.12118/j.issn.1000-6060.2020.01.04

兰州盆地新石器时期遗址分布与地形的关系研究①

姜梦迪[1]， 张鹏丽[2]， 梁博毅[1]， 李 育[2]
（1 北京大学城市与环境学院/地表过程分析与模拟教育部重点实验室，北京 100871；
2 兰州大学资源环境学院/西部环境教育部重点实验室/兰州大学干旱区水循环与水资源研究中心，甘肃 兰州 730000）

摘 要：研究遗址和地形等环境要素的关系有助于理解人地关系的作用机制。基于GIS空间分析和二元逻辑斯蒂模型分析了兰州盆地新石器时期马家窑和齐家文化遗址空间分布的特征、变化规律及影响因素，定量研究了地形等环境要素与遗址分布的关系。结果表明：新石器时期的马家窑文化、半山文化、马厂文化和齐家文化遗址均沿黄河分布，主要集中于河流阶地上坡度较小的区域。距河流的水平最近距离为318.6～17 721.7 m。新石器遗址特别是马厂遗址的空间集聚性明显。从马家窑类型、半山类型，发展到马厂类型，单一型遗址的占比逐渐由53.3%增多至92.6%。马厂类型的分布中心距离黄河最近。地形等环境要素显著影响遗址的空间分布，遗址出现概率主要受坡度、坡向和距黄河最近距离的影响，模型的解释程度可达65.0%。引入历史时期和现代聚落进行比较，历史时期聚落分布受到高程和坡度的影响，而现代聚落的分布主要受到高程、坡度和距河流距离的影响。聚落分布和影响因素的演变可能受到社会生产力发展的影响。

关 键 词： 兰州盆地；新石器时期遗址；地形；时空分布；逻辑斯蒂模型
文章编号： 1000-6060(2020)01-0027-11(0027～0037)

人地系统是人与自然环境相互作用的统一整体。进入工业社会后，人类活动的加强导致人地矛盾更为紧张，一系列资源、生态问题成为困扰人类发展的全球性问题。人地关系的协调成为长时间以来引起科学界广泛关注的热点问题[1]。人类聚落选址和城市的形成、发展在很大程度上受到自然环境的影响，其中地形等环境要素作为基底不容忽视。因此，开展遗址分布和地形等环境要素的关系研究将会丰富地球系统科学和人地关系研究的内容，提高对人地系统相互作用的认识，为解决人地关系问题提供一种新思路。

聚落考古研究由美国考古学家WILLEY[2]于20世纪50年代开创，有关学者开展了大量的聚落与自然环境相关性的研究，以往的研究通常侧重于对基于考古视角的聚落自身特征的分析[3,7]，或对聚落分布、演变进行分析，主要探讨了聚落变化与气候变化及其引起的水文[3-5]、环境演变[6-8]等的关系。部分学者在不同时空尺度上[6,9-10]定量阐述了人类聚落时空分布与高程、坡度、地貌类型等单个地形要素的相关关系，或是综合分析了地形等环境因子对人类聚落选址的影响，并引入逻辑斯蒂模型对遗址出现概率的预测进行初步探索[11-13]。黄河流域作为中华文明的主要发源地，是人类聚落研究的热点区域，加之甘青地区是古丝绸之路的关键地带，且对气候变化的响应较为敏感[14]，该地区的文化演化和环境演变受到较多关注。以往的研究对中国西北部甘青两省及周边地区的考古遗址进行了深入研究，有关学者主要探讨了整个甘青地区[14-15]及其部分区域内一些文化意义上的核心区的典型聚落遗址[16-17]的空间分布、生存策略等自身特征与环境背景的关系。但目前有关兰州盆地的研究稍显缺乏。兰州是典型的河谷型城市，其主体是东西向的串珠状盆地，有巨厚的黄土堆积。三幕青藏运动和黄河溯源侵蚀使现代黄河阶地基本形成[18]。河流阶地与黄土地貌形成了兰州独特的地貌景观。杨永春[19]曾指出兰州特殊的地形地貌是原始聚落形成

① **收稿日期：**2019-04-19； **修订日期：**2019-08-11
基金项目：国家自然科学基金项目(41822708，41571178)；中国科学院战略性先导科技专项(XDA20100102)；兰州大学中央高校基本科研业务费专项(lzujbky-2018-k15)；第二次青藏高原综合科学考察研究项目资助(XDA20060700)
作者简介：姜梦迪(1995-)，女，硕士研究生，研究方向为自然地理学. E-mail:jiangmd13@lzu.edu.cn
通讯作者：李育，男，博士，教授，博士生导师. E-mail:liyu@lzu.edu.cn

的良好条件,也成为现代河谷型城市发展的限制因素。因此,在兰州盆地进行地形与人类聚落选址的研究极具科学性和代表性,有助于发现兰州特殊的地形条件对人类活动的影响。

兰州地区在距今约 5 000 a 前的新石器时期便有先民定居,可分为马家窑和齐家文化,马家窑文化由一脉相承的马家窑、半山、马厂类型组成,有关的考古资料详实丰富。兰州的区位重要性突出,在古聚落的基础上较为延续地发展起来。人类聚落选址受到自然环境和社会生产力因素的共同影响,是人类综合考虑环境要素后理性选择的最优结果。研究遗址空间分布与地形等环境要素的关系有利于理解聚落的选址理念,可指导研究区的聚落考古研究,对于认识兰州市的发展历史有实践意义。地理学研究是一个以古论今的过程,充分认识长时间尺度上地形等要素对人类活动的影响,可以为今后兰州城市空间发展和规划提供依据。

GIS 空间分析因其在研究地理要素的空间分布、空间关系和变化规律等问题上的优势,为聚落时空演变和聚落考古的研究提供了一种有效的技术手段。本文基于 GIS 空间分析和模型方法进行的定量研究将自然环境与人文地理结合起来,旨在主要以地形的视角探明:(1) 兰州盆地新石器时期遗址的时空分布特征。(2) 系统研究地形等环境要素对人类聚落选址的影响。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

兰州(102°36′58″ ~ 104°34′29″E,35°34′20″ ~ 37°07′07″N)地处我国东部季风区、西北干旱区和青藏高原区 3 大自然地理分区的交界,同时也是黄土高原、内蒙古高原和青藏高原这 3 大高原的过渡地带。位于黄河上游、甘肃省中东部,黄河穿城而过,盆地与峡谷相间分布,南北高山环抱,地势西南高东北低。兰州地貌类型多样,主要有山地、丘陵以及河川谷地 3 大类型,全区相对高差较大。全区最典型的地貌特征是有巨厚的黄土覆盖,沟壑纵横,地形较为破碎。兰州盆地是在地质应力和黄河下切的作用下发育的串珠状断陷盆地,呈北西走向。河谷盆地海拔相对较低,地势平坦。境内有黄河、湟水、洮河、庄浪河等河流水系。

1.2 数据来源

本文的基础地形数据来自美国地质调查局所提供的 ASTER 30 m 分辨率的数字高程模型(DEM)影像(http://earthexplorer.usgs.gov/)。利用 ArcGIS 软件对DEM进行拼接和裁剪,得到研究区的高程、

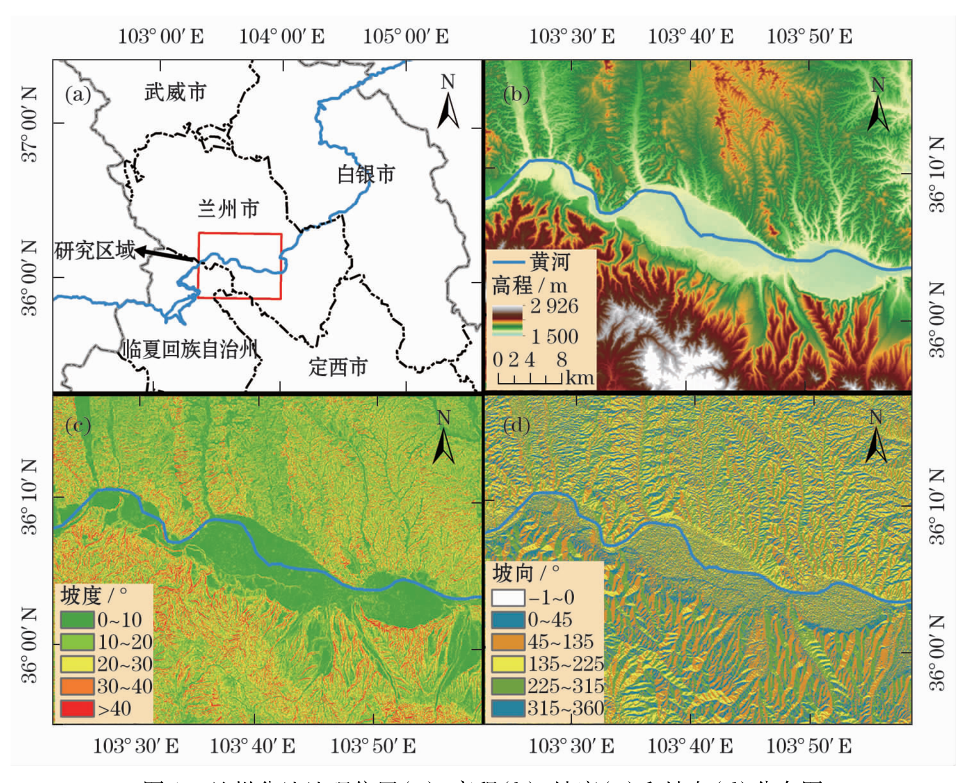


图 1 兰州盆地地理位置(a)、高程(b)、坡度(c)和坡向(d)分布图

Fig. 1 Location (a), elevation (b), slope (c) and aspect (d) of the Lanzhou Valley

坡度、坡向数据如图1,兰州作为河谷型城市的地形特征显著,分布有两个菱形的串珠状盆地,黄河穿城而过,河流阶地发育,河漫滩与黄河第一、二级阶地地势平坦,坡度较低,高程范围为1 500 ~2 926 m。

归纳以往的研究[20-23],将阶地基座、黄土沉积、砾石层、冲积相厚度的实测和记录相加,得到阶地的大致海拔高度。利用ArcGIS软件进行重分类将兰州盆地的高程划分为1 530 m以下、1 530 ~1 570 m、1 570 ~1 650 m、1 650 ~1 750 m、1 750 ~1 880 m、1 880 ~1 980 m、1 980 ~2 060 m以及2 060 m以上的高程区间,分别大致对应着河漫滩、第1 ~7级阶地(T1 ~T7)。

黄河的数据来自国家1∶1 000 000基础数据集。考古聚落资料来自对《兰州市志·文物志》《兰州市志·建置规划志》《兰州市志城关区志》《兰州市志西固区志》《兰州市志安宁区志》《兰州市志七里河区志》中的相关记载以及国内外文献资料中关于兰州盆地新石器时期文化遗址分布和演变内容的收集和整理。本区共有马家窑文化遗址59处和齐家文化遗址6处(表1)。

为与历史时期和现代聚落进行比较,本文根据记载[24]进行考察,并参照其中给出的历史时期古城址的地理位置信息将其叠加在其他要素上,现代则以兰州市城市总体规划(2010—2020年)中的一类居住用地、二类居住用地和商业金融用地、文化娱乐用地、教育科研用地、行政办公用地和医疗卫生用地等第三产业用地代表聚落。

1.3 研究方法

利用ArcGIS和SPSS软件进行空间分析和统计建模,主要计算方法见表2。将地形、河流数据与新石器遗址进行叠加,基于数字地形分析方法进行坡度、坡向等地形要素的提取并进行方向性分布、核密度分析等空间分布的量算,计算叠置系数[25]、分布中心探讨遗址分布的时间变化规律。

拟合度卡方检验[26]可以检验以频数表示的类型数据样本分布与特定总体分布的差异。本文通过卡方检验判断遗址对高程、坡度、坡向的选址倾向,探讨遗址选址与地形要素的关联度。原假设 H_0 和对立假设 H_1 分别是:H_0—不同高程、坡度、坡向区间所包含的遗址数与按面积分布的遗址数没有显著差异;H_1—不同高程、坡度、坡向区间所包含的遗址数与按面积分布的遗址数有显著差异。计算检验统计量,本文选择显著性水平为0.05,查表,若 $X^2 > \chi^2_{0.05[n-1]}$,则拒绝遗址分布与按照面积的分布模式相同的原假设,认为遗址对地形要素具有选择倾向;反之,遗址在不同区间的分布数量与面积有关。

二元逻辑斯蒂模型[27]是一种概率预测模型。假设事件发生的概率为 P,P 的取值范围是(0,1),则 $1-P$ 是该事件未发生的概率,对 P 进行logit转换得到 $\ln[P/(1-P)]$,logit P 的取值范围是 $(-\infty, +\infty)$。以logit P 为因变量建立线性回归模型。本文在聚落是否出现已知的情况下,取高程、坡度、坡向和距河最近直线距离为候选自变量,以遗址分布为因变量进行逻辑回归建模。4个自变量:高程(*Elevation*)不仅影响到气温,也代表了便利和安全,过高远离水源,过低则可能有洪水、猛兽的危险;坡度(*Slope*)过陡的区域不适合修建房屋,从事农业活动;坡向(*Aspect*)影响着采光;距黄河最近距离(*Distance*)是聚落距水源的水平距离,但太近有被洪水淹没的危险。

表1 兰州盆地新石器时期遗址

Tab.1 Archaeological settlements during Neolithic Age in the Lanzhou Basin

新石器晚期遗存	文化类型	遗址数量/个
马家窑文化	马家窑类型	15
	半山类型	17
	马厂类型	27
齐家文化		6

2 结果分析

2.1 聚落遗址的时空分布特征

2.1.1 遗址的空间分布 提取不同遗址所在的高程、坡度、坡向数据(图2),并统计马家窑、半山、马厂和齐家文化遗址不同类型遗址的分布情况。从表3中可以看出,新石器文化的空间分布范围广,在8个高程区间均有分布。进行 χ^2 检验,若遗址对高程无选择倾向,假设遗址的分布与高程面面积大小相关,期望遗址数为面积的占比乘以新石器时期总遗址数,见表3。在假设中将高程分为8类,理应服从自由度为 $n=8-1=7$ 的 χ^2 分布,通过临界值表可知 $\chi^2_{0.05}(n=7)=14.067<52.093$,故在0.05的显著性水平下原假设不成立,即有95%的把握认为遗址分布对高程有显著的选择倾向。大部分遗址集中分布于T1、T2及以上,T7以下的高程区间,其中T1和T2的高程面上数量最多,而河漫滩上鲜有分布。说

表 2　主要统计分析方法

Tab. 2　Main statistical analysis methods

方法	步骤	公式	说明
数字地形分析	坡度坡向	$slope = \arctan\sqrt{f_x{}^2 + f_y{}^2}$ $Aspect = 270° + \arctan\left(\frac{f_y}{f_x}\right) - 90°\frac{f_x}{\lvert f_x \rvert}$	f_x 是高程在南北方向上的变化率;f_y 是东西方向上的变化率。
方向性分布	圆心位置	$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{z_n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{z_n}}$ $SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{z_n}\left(y_i - \bar{y}\right)^2}{z_n}}$	x_i 和 y_i 是遗址的经纬度坐标;$\bar{x}$ 和 $\bar{y}$ 是算数平均中心的坐标;n 等于 1, 2, 3, 4,分别代表马家窑、半山、马厂和齐家文化;z_n 是每期遗址的数量。
	旋转角度	$A = \sum_{i=1}^{z_n}\tilde{x}_i{}^2 - \sum_{i=1}^{z_n}\tilde{y}_i{}^2$ $B = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{z_n}\tilde{x}_i{}^2 - \sum_{i=1}^{z_n}\tilde{y}_i{}^2\right)^2 + 4\left(\sum_{i=1}^{z_n}\tilde{x}_i\tilde{y}_i\right)^2}$ $C = 2\sum_{i=1}^{z_n}\tilde{x}_i\tilde{y}_i$;　$\tan\theta = \frac{A+B}{C}$	角度以正北方向为 0,顺时针旋转。$\tilde{x}_i$ 和 $\tilde{y}_i$ 分别代表经纬度坐标相对于其算数平均中心的偏差。
	长短轴长度	$\sigma_x = \sqrt{\frac{2\sum_{i=1}^{z_n}\left(\tilde{x}_i\cos\theta - \tilde{y}_i\sin\theta\right)^2}{z_n}}$ $\sigma_y = \sqrt{\frac{2\sum_{i=1}^{z_n}\left(\tilde{x}_i\sin\theta - \tilde{y}_i\cos\theta\right)^2}{z_n}}$	
卡方检验	χ^2 统计量	$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n}\frac{\left(p_i - \hat{p}_i\right)^2}{\hat{p}_i}$	p_i 为遗址的实际数量;$\hat{p}$ 为期望中的遗址分布数量;n 为类别数。
核密度	搜索半径	$SR = 0.9 \times \min\left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln 2}} \times D_m\right) \times z_n{}^{-0.2}$	SD 是标准距离;D_m 是中值距离;z_n 为不同遗址的数量。
叠置系数		$C = \frac{n}{N}$	n 为上覆有后期文化的遗址数量;N 为早期遗址数量。
分布中心		$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{z_n}x_i}{z_n}$;$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{z_n}y_i}{z_n}$	x_i 和 y_i 是新石器遗址的经纬度坐标;z_n 是不同遗址数量。
二元逻辑斯蒂统计模型		$\mathrm{logit}P = \alpha + \beta_1\chi_1 + \cdots\cdots + \beta_m\chi_m$ $P(1) = \frac{\exp(\alpha + \beta_1\chi_1 + \cdots\cdots + \beta_m\chi_m)}{1 + \exp(\alpha + \beta_1\chi_1 + \cdots\cdots + \beta_m\chi_m)}$	α 为常数;$\beta_1 \cdots\cdots \beta_m$ 是偏回归系数;$\chi_1 \cdots\cdots \chi_m$ 为自变量。式中 $P(1)$ 为二元变量中聚落遗址出现的概率。

表 3　新石器时期遗址在高程面上的分布数量 / 个

Tab. 3　Distribution of Neolithic cultural sites on elevation

高程 / m	马家窑类型	半山类型	马厂类型	齐家文化	新石器时期	面积 / km^2	期望遗址数
≤1 530	1	0	2	0	3	51.2	1.2
1 530 ~ 1 570	1	2	7	0	10	132.6	3.1
1 570 ~ 1 650	2	3	6	2	13	257.6	6.0
1 650 ~ 1 750	1	4	4	0	9	568.8	13.3
1 750 ~ 1 880	4	1	2	1	8	604.5	14.2
1 880 ~ 1 980	3	1	2	1	7	274.5	6.4
1 980 ~ 2 060	2	5	2	2	11	170.7	4.0
>2 060	1	1	2	0	4	713.5	16.7

明遗址倾向分布于河漫滩以上的位置,以方便生活用水,又能规避洪水等灾害。马厂遗址的高程相对较低。

同理,假设遗址分布对坡度无倾向性,将坡度分为 5 类,通过查表 4 可知 $\chi^2_{0.05}(n=4) = 9.488 < 10.093$,故在 0.05 的显著性水平下该原假设不成立。遗址分布对坡度是有选择倾向的。选择坡度较小的区域进行定居以方便生产生活是人类聚落选址的倾向。新石器遗址主要分布于坡度较小的区域,其中过半的遗址位于坡度小于20°的地区,分布于

表 4　新石器时期遗址在坡度上的分布数量 / 个

Tab. 4　Distribution of Neolithic cultural sites on slope

坡度/°	马家窑类型	半山类型	马厂类型	齐家文化	新石器时期	面积 / km^2	期望遗址数
0 ~ 10	7	6	13	2	28	795.1	18.6
10 ~ 20	5	7	11	1	23	936.7	22.0
20 ~ 30	2	2	3	3	11	679.4	15.9
30 ~ 40	1	2	0	0	3	289.9	6.8
> 40	0	0	0	0	0	72.3	1.7

坡度小于 30°的遗址约占总数的 95.4%。除此之外,遗址分布不具有明显的坡向选择倾向。

对马家窑、半山、马厂遗址和齐家文化遗址分布的方向性进行分析。如图 3,四期遗址均是沿黄河分布的,标准差椭圆的旋转角度分别为 119.1°、124.2°、99.9°和 119.5°。马厂文化的分布方向与黄河最为接近,旋转角度最小。齐家文化遗址的标准差椭圆扁率最大,方向性最为显著。

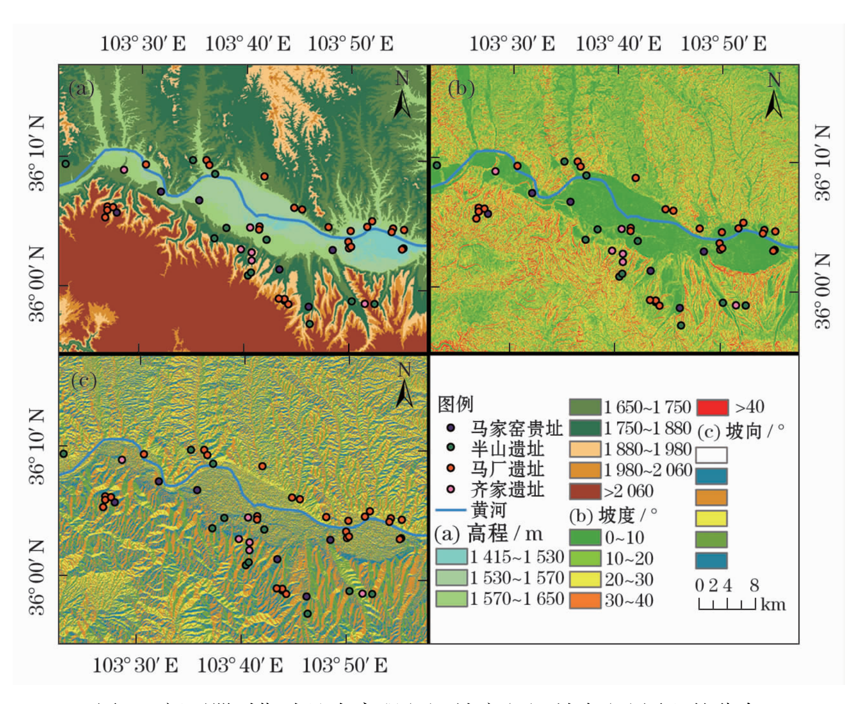
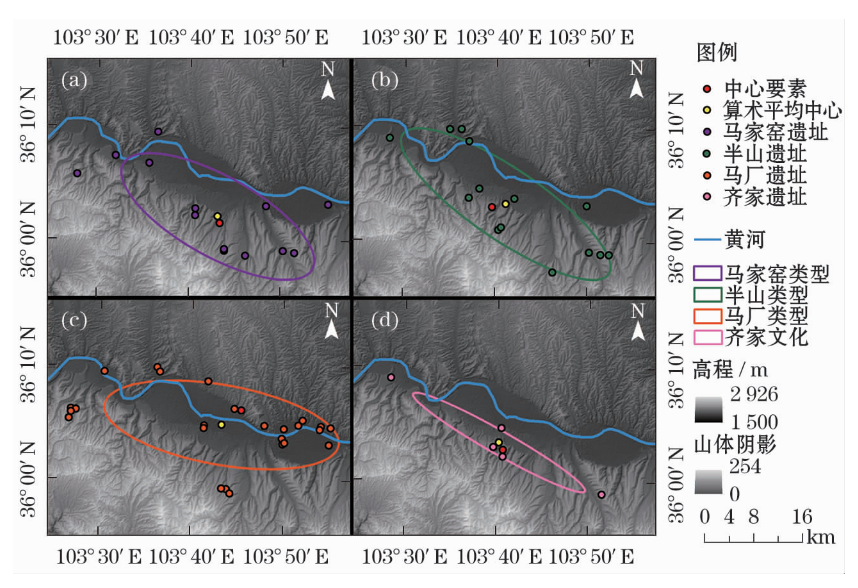


图 2　新石器时期遗址在高程(a)、坡度(b)、坡向(c)图上的分布

Fig. 2　Distribution of Neolithic sites on the map of elevation (a), slope (b) and aspect (c)



注:(a)马家窑文化马家窑类型,(b)马家窑文化半山类型,(c)马家窑文化马厂类型,(d)齐家文化

图 3　新石器时期遗址的方向性分布

Fig. 3　Directional distribution of cultural sites in the Neolithic period

新石器文化遗址以黄河为水源,故本文以黄河干流为主要河流,提取遗址距黄河的水平最近距离(表5)。在新石器时期,距黄河距离最近的遗址出现在马厂文化中,距黄河距离最远的遗址出现在马家窑和半山类型。半山类型的遗址分布范围最广,其次是马家窑类型、马厂类型和齐家文化。

表5 新石器时期遗址距黄河的最近距离的分布 / m

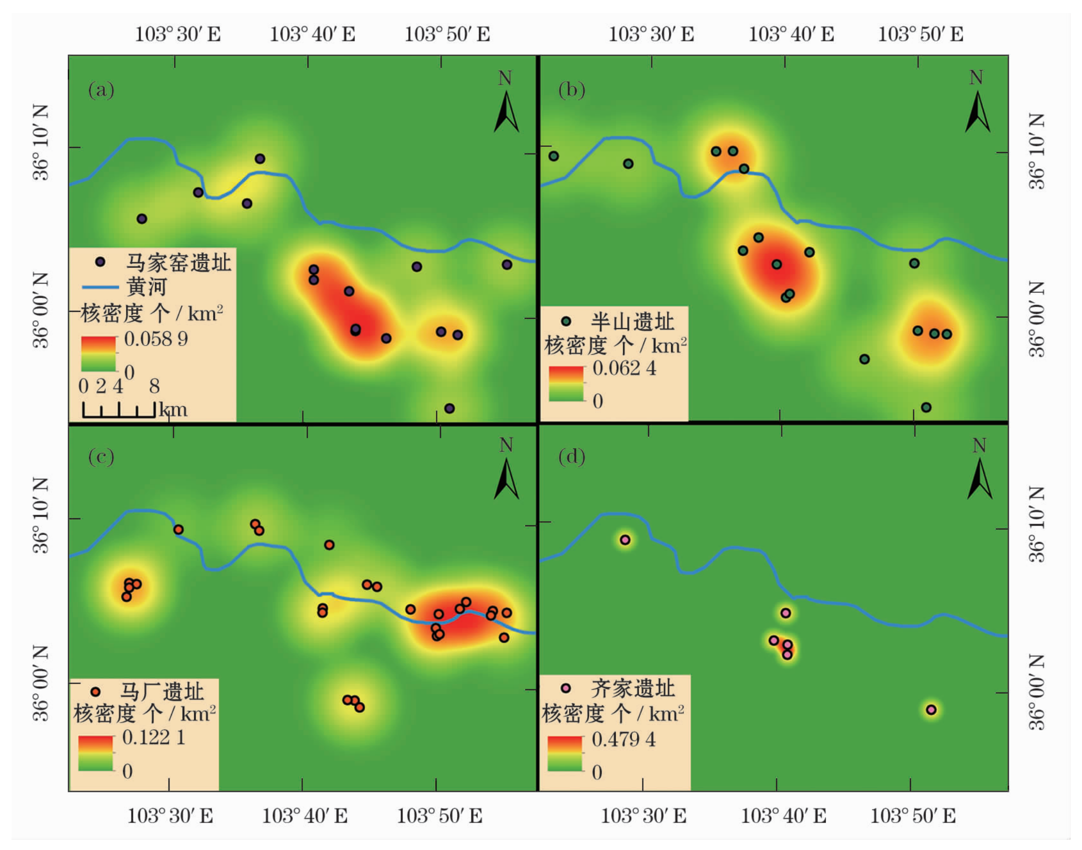
Tab. 5 Closest distances of Neolithic cultural sites to the Yellow River / m

统计量	马家窑类型	半山类型	马厂类型	齐家文化	新石器时期
最小值	648.2	352.3	318.6	1 863.2	318.6
最大值	17 721.7	17 721.7	11 204.3	9 552.1	17 721.7
范围	17 073.6	17 369.4	10 885.8	7 688.8	17 403.2
平均值	6 816.1	6 308.3	3 216.4	5 199.7	5 038.8

从各个时期遗址的集聚情况来看(图4),马家窑、半山、齐家遗址主要集中分布于黄河南岸,而马厂遗址在黄河两岸均有分布,在东盆地的分布密度大。马厂遗址的集聚程度较大,说明马厂文化的聚落间联系可能更多。齐家遗址的分布密度大可能是由于遗址数量少造成的。

2.1.2 遗址的时间变化规律 叠置型遗址是指后期文化对前期文化有重复利用的遗址,单一型遗址反映了不稳定的自然环境和不连续的文化继承。统计研究区新石器遗址的文化共存情况,共有12处叠置遗址。从不同时期来看(表6),马家窑遗址中单一型遗址占了53.3%,叠置型遗址共有7处;半山遗址中单一型遗址有13处,占全部的76.5%;马厂遗址中单一型遗址占了大部分,达92.6%。计算相邻文化的叠置系数,也就是被后期文化重复利用的遗址数的占比,马家窑到半山遗址的叠置系数最高,为0.20;半山到马厂遗址为0.12;而后续齐家对马厂遗址没有重复利用,可能与马厂文化与齐家文化在时间上存在共存有关。

从不同类型遗址的迁移来看,新石器时期遗址的平均高程、坡度分布均遵循着先略有增加,在马厂文化明显降低,达到最小,而至齐家文化达到最大的特征。对于距黄河最近距离,自马家窑至马厂文化,遗址分布距河距离持续缩短,其中半山向马厂的变化幅度最大,马厂文化最小,齐家遗址距河距离增



注:(a)马家窑文化马家窑类型,(b)马家窑文化半山类型,(c)马家窑文化马厂类型,(d)齐家文化

图4 新石器时期遗址的分布密度

Fig. 4 Density of cultural sites in the Neolithic period

表 6　新石器时期不同文化遗址类型

Tab. 6　Statistics of various Neolithic cultural sites types

遗址类型	单一型遗址		连续叠置型遗址		间断叠置型遗址	
	数量 / 个	比重 / %	数量 / 个	比重 / %	数量 / 个	比重 / %
马家窑类型	8	53.3	3	20.0	4	26.7
半山类型	13	76.5	2	11.8	2	11.8
马厂类型	25	92.6	2	7.4	0	0.0

加,但小于马家窑和半山类型的距离。以同一时期遗址的算数平均中心代表新石器遗址的平均分布(图 5 和表 7)。本区新石器文化中心的迁移范围较小,相对集中于西盆地黄河以南地区,且马家窑、半山和齐家文化的分布中心大约在 T4 上,而应该指出的是,相比之下,马厂文化距黄河最近,倾向于选择海拔相对较低的河谷地区定居。

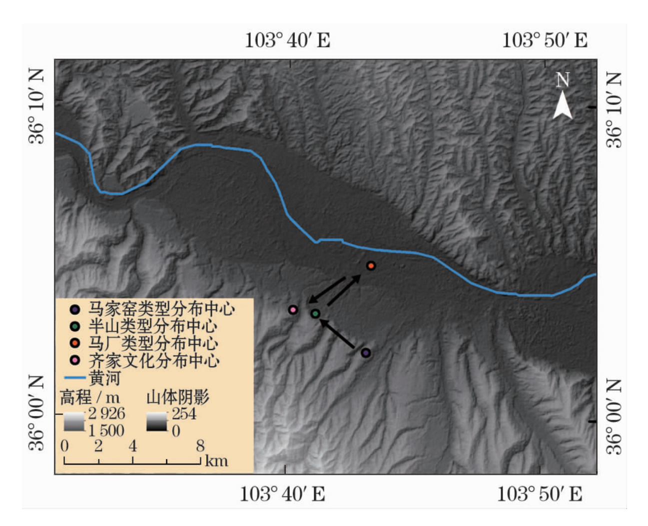


图 5　新石器时期不同文化遗址的分布中心的迁移

Fig. 5　Migrations of diverse mean cultural sites in the Neolithic period

表 7　新石器时期不同文化的分布中心

Tab. 7　Distribution of mean center sites in the Neolithic period

分布中心	经纬度	水平迁移距离 / m	高程 / m	坡度 / °	距河距离 / m
马家窑类型	103°43′07″E;36°02′05″N	3 749.7	1 806.1	13.9	6 816.1
半山类型	103°41′07″E;36°03′18″N	4 331.1	1 808.9	15.0	6 308.3
马厂类型	103°43′17″E;36°04′51″N	5 282.9	1 702.8	10.2	3 216.4
齐家文化	103°40′15″E;36°03′25″N		1 826.0	16.6	5 199.7

2.2　*地形等环境要素对人类聚落选址的影响*

数字化得到新石器文化遗址的范围,将遗址的面域与地形、河流数据进行叠加,研究区有 1 813 个栅格是新石器时期的聚落。基于生成随机点的方式选取聚落样本和非聚落样本各 1 000 个,将因变量是否有聚落定义为名义变量,有聚落为 1,无聚落为 0,进行逻辑建模。经过预测准确率的比较,选择向前:有条件的方法,步进概率为 0.05,剔除概率为 0.10。对自变量的预测能力和共线性进行检验,模型最终引入的自变量和系数如表 8。

得到逻辑斯蒂模型为:

表 8　新石器时期逻辑斯蒂模型引入变量及系数

Tab. 8　Covariates and their coefficients of the logistic model for Neolithic sites

因变量	自变量	回归系数
新石器时期遗址	距离(*Distance*)	−0.000 096 *
	坡度(*Slope*)	−0.043 771 *
	坡向(*Aspect*)	0.002 313 *
	常数(*Constant*)	0.887 827 *

注:* 表示显著性水平小于 0.001

$$P(1) = \frac{1}{1 + e^{-(0.887\,8 - 0.09\,6/100D - 0.043\,8S + 0.002\,3A)}} \quad (1)$$

式中:D 是距黄河最近距离;S 是坡度;A 是坡向;$P(1)$是研究区新石器时期聚落出现的概率。

参数坡度、坡向和距河最近距离通过了检验,可解释为坡度、坡向和距黄河最近距离对新石器遗址的选址影响显著。坡度愈小、坡向数值愈大、距河距离愈近,有聚落分布的可能性愈大。该模型对新石器聚落分布预测的准确度较高,正确预测了 1 000 个非聚落样本中 663 个样本;正确预测了 1 000 个聚落样本中的 637 个样本,总体解释程度可达 65.0% 。基于预测结果,对叠加后的图层进行栅格运算,得到预测结果的概率分布图(图 6),下图将新石器时期遗址出现概率大于 0.5 的区域进行高亮显示。新石器遗址在河漫滩以及 T1、T2、T3、T4 上坡度较小的河谷区域出现的可能性更大。

对兰州盆地新石器时期、历史时期和现代聚落的分布进行升尺度的比较,发现新石器遗址的平均高程最大。历史时期的平均高程达到最低。现代时期,人口增加且用地紧张,兰州市规划不断向周围的

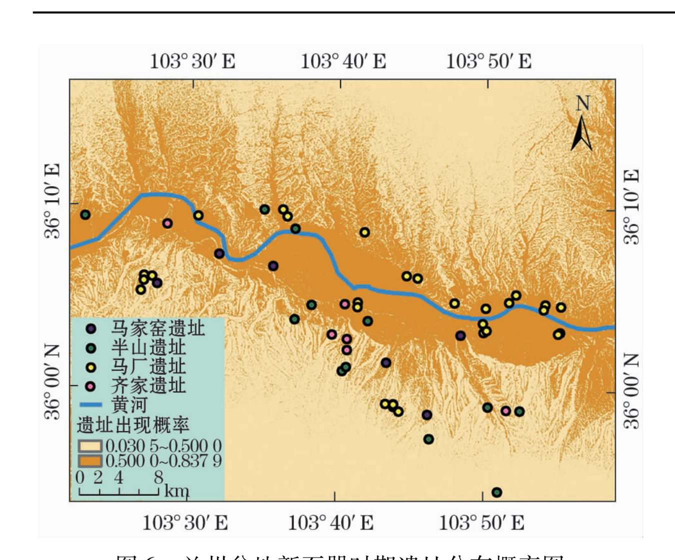


图 6　兰州盆地新石器时期遗址分布概率图

Fig. 6　Probability of the Neolithic sites occurrence in Lanzhou Basin

阶地面上扩展，平均高程也随之增加，但整体低于新石器时期的水平。聚落距河距离的变化也遵循着同样的趋势。而平均坡度则持续下降。历史时期(公式2)和现代(公式3)的逻辑斯蒂模型分别为：

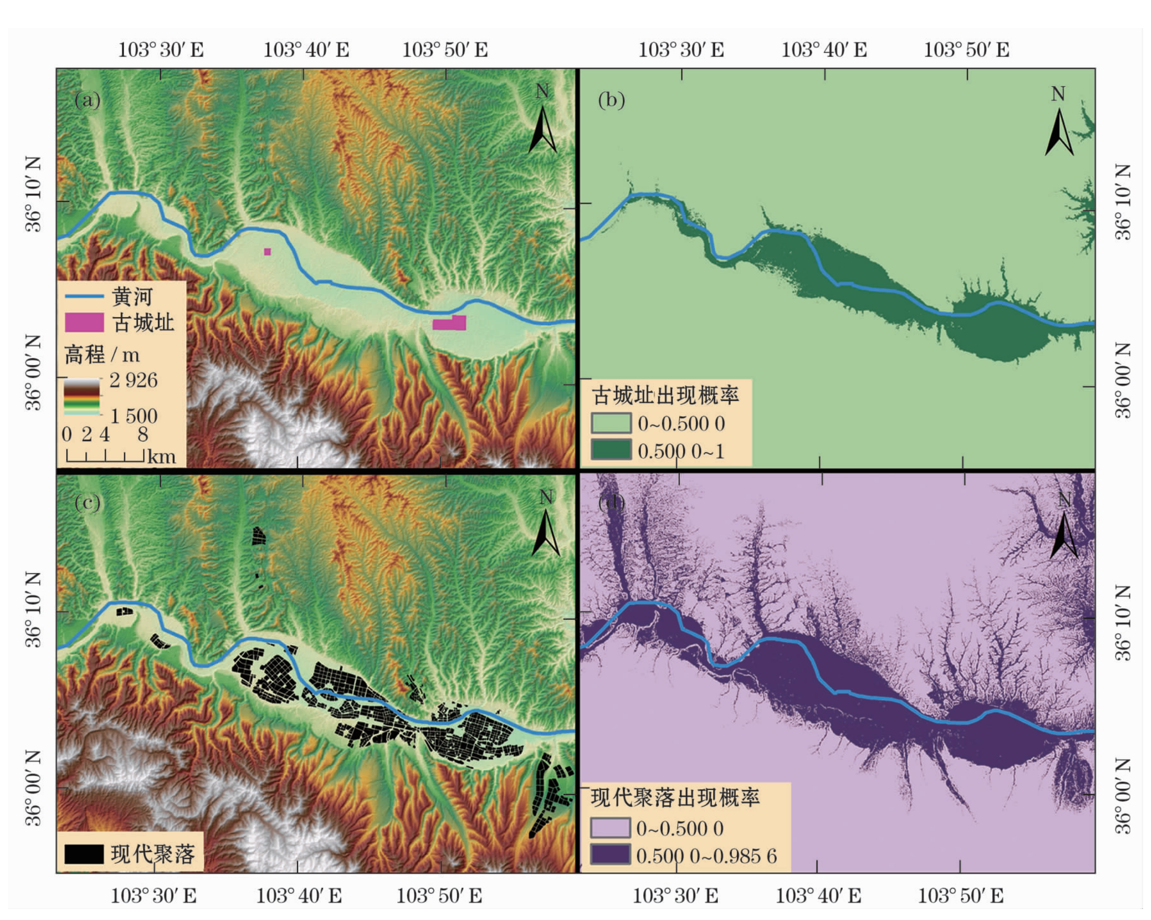
$$P(1)=\frac{1}{1+e^{-(128.970\,0-0.082\,2E+0.065\,3S)}} \qquad (2)$$

$$P(1)=\frac{1}{1+e^{-(17.024\,4-0.011\,9/100D-0.008\,9E-0.136\,0S)}} \qquad (3)$$

式中：E 为高程；S 为坡度；D 为距黄河最近距离；$P(1)$是不同时期的人类聚落出现的概率。以上模型的预测精度分别为 96.7% 和 88.1%，且通过了 Homsmer-Lemeshow 检验。从拟合结果来看(图 7b ~7d)，古城址在河漫滩以及 T1 的可能性更大，而现代聚落的分布范围更大，出现在河漫滩、T1、T2、T3 上的可能相对较大。

3　讨 论

本文基于 GIS 和二元逻辑斯蒂模型研究了兰州盆地新石器遗址的分布与地形关系，探究新石器聚落选址的影响因素和演变的驱动力。有关学者在地



注：(a)古城址在兰州盆地的分布，(b)古城址分布概率图，(c)现代聚落在兰州盆地的分布，(d)现代聚落分布概率图；现代聚落来源：兰州市城乡规划局网站 http://ghj.lanzhou.gov.cn

图 7　兰州盆地历史时期古城址和现代聚落的分布与预测图

Fig. 7　Distribution and occurrence probability of historical cities and modern settlements in the Lanzhou Basin

形等环境要素与聚落分布方面进行了大量的研究[6,9,10-13],前期研究往往局限于定量分析聚落分布与高程、坡度或地貌类型等某个地形因子的关系,少部分基于模型方法对地形与人类聚落分布进行初步探索[11-13],但兰州特殊地貌条件下的聚落选址研究尚不明确。本文对地形等环境因子进行系统研究提出研究区新石器遗址分布与坡度、距离黄河距离、坡向密切相关,地形要素对遗址分布有较高的解释程度,并给出了研究区遗址分布的概率预测图,对本区的人地关系和聚落考古研究有重要的意义。地形等环境因子对新石器遗址与古城址、现代聚落选址影响的方式和程度发生变化,这可能与社会生产力的发展相关,是人类适应环境的能力变化的结果。充分认识长时间尺度上选址理念的变化可为兰州今后的发展提供指导性建议,预测给出了聚落可能出现的范围,而实际分布存在些许差异,这可能受到人类出于生产力、经济、军事等目的的主观选择的影响。结合第四版兰州市城市总体规划,仅在地形的适宜性上来讲,今后规划可向东盆地的东北部,例如城关区青白石乡等地扩展,也可加强安宁区中部、西固区沿黄河区域的开发利用。

关于新石器遗址的时间变化规律,提出以下猜想。以往的研究指出史前聚落的分布与演变受区域气候变化的影响显著[28-29]。在距今约 5 800 ~ 4 200 a BP的中全新世晚期存在一个相对稳定的温暖、湿润时期,在高海拔地区形成聚落,促进了新石器文明特别是马家窑文化的空前繁荣[30]。本文发现马厂遗址数量最多,更为集聚,分布于高程更低、距离河流更近的位置,这可能反映了更高的文化发展水平和相对适宜的自然环境[31]。基于孢粉、湖泊沉积物等指标的古气候研究表明,在约 4 200 a BP以后,甘青地区气候迅速向干冷化发展[30]。气候的突变和洪水灾害可给出该区齐家遗址数量明显减少以及遗址叠置率降低的解释,导致齐家文化走向衰落[29,32]。考古证据表明齐家文化时期先民的生存策略也相应地发生变化,倾向于种植更适应干旱条件的谷物,畜牧经济的比重有所增加[7]。人类聚落选址是综合考虑地形和气候条件等要素后的选择,在人类文明发展的早期,人类改造自然的能力有限,人类活动在很大程度上受到气候变化导致的生态系统变化的影响。遗址可能出现的区域是在地形等环境因子的耦合作用下的决策结果,而气候和水文的变化则影响着遗址的实际表现。另外,这些变化也可能与大空间尺度上气候变化的空间差异导致的文化发展和传播[16]有关。

4 结 论

(1) 从空间分布来看,遗址的分布范围广,主要在河漫滩以上的河流阶地上,坡度集中在 0 ~ 30°之间,这可能与当时生产力水平低下,人类抵御洪水的能力有限有关,多级河流阶地为原始聚落的形成提供了有利条件。不同时期遗址的轴向虽有差异,新石器时期四期文化均是沿黄河分布的。黄河是当时人类生产生活的水源,这与我们对黄河流域上游文明起源的普遍认识是一致的。遗址距黄河最近距离在 318.6 ~ 17 721.2 m 之间。新石器遗址,特别是马厂遗址是空间集聚的。

(2) 从时间变化趋势来看,新石器时期叠置型遗址逐渐减少,单一型遗址反映了一种不稳定的生活状态,非连续的文化发展。遗址的平均高程和坡度均有先稍增加后降低的趋势,马厂遗址达到最小,而齐家文化均为最大。遗址距黄河距离也遵循相同的趋势,但齐家文化的距离要小于马家窑和半山类型。相比之下,马厂遗址倾向于选址在高程较低、距河较近的河谷地区。聚落是人类对自然环境变化适应的结果,这可能与研究区的气候、水文条件的变化相关。

(3) 地形要素和距河流距离作为自然地理环境的重要部分,显著影响新石器遗址的选址,逻辑斯蒂模型的结果表明,遗址出现概率主要与坡度、坡向和距黄河最近距离有关,模型的解释程度达 65.0%。比较研究新石器遗址与历史时期古城址、现代聚落的分布,古城址主要出现在河漫滩或 T1,现代聚落范围向盆地外围扩展,长时间尺度上聚落选址对地形等环境要素的理念的变化可归因于社会生产力的发展。

参考文献(References)

[1] 左伟,周慧珍,李硕,等. 人地关系系统及其调控[J]. 人文地理,2001,16(1):67-70. [ZUO Wei,ZHOU Huizhen,LI Shuo,et al. Sustainable development and human-environment relation system control[J]. Human Geography,2001,16(1):67-70.]

[2] WILLEY G R. Prehistoric settlement in the Viru Valley,Peru[M]. Washington:Bureau of American Ethnology,1953.

[3] PŁAZA D K,KITTEL P,PETERA-ZGANIACZ J,et al. Late Palaeolithic settlement pattern in palaeogeographical context of the river valleys in the Koło Basin (Central Poland)[J]. Quaternary Inter-

national,2015,370:40－54.

[4] OLLIVIER V, FONTUGNE M, LYONNET B, et al. Base level changes, river avulsions and Holocene human settlement dynamics in the Caspian Sea area (middle Kura Valley, south Caucasus)[J]. Quaternary International,2016,395:79－94.

[5] 吴立,王心源,周昆叔,等.巢湖流域新石器至汉代古聚落变更与环境变迁[J].地理学报,2009,64(1):59－68.[WU Li, WANG Xinyuan, ZHOU Kunshu, et al. The transmutation of ancient settlements and environmental changes from the Neolithic Age to the Han Dynasty in the Chaohu Lake Basin[J]. Acta Geographica Sinica,2009,64(1):59－68.]

[6] 郑朝贵,朱诚,钟宜顺,等.重庆库区旧石器时代至唐宋时期考古遗址时空分布与自然环境的关系[J].科学通报,2008,53(Z1):93－111.[ZHENG Chaogui,ZHU Cheng,ZHONG Yishun, et al. The relationship between the spatio-temporal distribution of archaeological sites and the natural environment in the Paleolithic period in Chongqing reservoir area[J]. Science in China Press, 2008,53(Z1):93－11.]

[7] 夏正楷,邓辉,武弘麟.内蒙西拉木伦河流域考古文化演变的地貌背景分析[J].地理学报,2000,55(3):329－336.[XIA Zhengkai,DENG Hui,WU Honglin. Geomorphologic background of the prehistoric cultural evolution in the Xar Moron River Basin,Inner Mongolia[J]. Acta Geographica Sinica,2000,55(3):329－336.]

[8] 崔之久,杨晓燕,夏正楷.初论古文化类型演替与传承模式的区域分异——以西拉沐沦河流域和汶泗流域为例[J].第四纪研究,2002,22(5):434－441.[CUI Zhijiu,YANG Xiaoyan,XIA Zhengkai. Evolution of ancient cultural types and regional differentiation of their propagation and succession models: A preliminary study[J]. Quaternary Sciences,2002,22(5):434－441.]

[9] 邓辉,陈义勇,贾敬禹,等.8 500 a BP 以来长江中游平原地区古文化遗址分布的演变[J].地理学报,2009,64(9):1113－1125.[DENG Hui,CHEN Yiyong,JIA Jingyu,et al. Distribution patterns of the ancient cultural sites in the middle reaches of the Yangtze River since 8 500 a BP[J]. Acta Geographica Sinica, 2009,64(9):1113－1125.]

[10] 韩茂莉,刘宵泉,方晨,等.全新世中期西辽河流域聚落选址与环境解读[J].地理学报,2007,62(12):1287－1298.[HAN Maoli,LIU Xiaoquan,FANG Chen,et al. The explanation of the selection of settlement and environment in the western Liaohe River Valley during the Middle Holocene Epoch[J]. Acta Geographica Sinica,2007,62(12):1287－1298.]

[11] 董振,金石柱.基于 Logistic 回归模型的延边地区渤海国遗址预测研究[J].延边大学学报(自然科学版),2015,(2):179－184.[DONG Zhen,JIN Shizhu. Prediction research on Bohai Kingdom ruins in Yanbianarea based on the logic regression model[J]. Journal of Yanbian University (Natural Science Edition), 2015,(2):179－184.]

[12] 倪金生.山东沭河上游流域考古遗址预测模型[J].地理科学进展,2009,28(4):489－493.[NI Jinsheng. Predictive model of archaeological sites in the upper reaches of the Shuhe River in Shandong[J]. Progress in Geography,2009,28(4):489－493.]

[13] 尚南,于丽君,聂跃平.采用逻辑回归的汾河流域遗址分布研究[J].测绘科学,2015,40(8):47－52.[SHANG Nan,YU Lijun,NIE Yueping. Study of distribution characteristics of archaeological sites on Fenhe River Basin based on logistic regression[J]. Science of Surveying and Mapping,2015,40(8):47－52.]

[14] DONG G,WANG L,CUI Y,et al. The spatiotemporal pattern of the Majiayao cultural evolution and its relation to climate change and variety of subsistence strategy during late Neolithic period in Gansu and Qinghai Provinces, northwest China[J]. Quaternary International,2013,316(459):155－161.

[15] 安成邦,王琳,吉笃学,等.甘青文化区新石器文化的时空变化和可能的环境动力[J].第四纪研究,2006,26(6):923－927.[AN Chengbang,WANG Lin,JI Duxue,et al. The temporal and spatial changes of Neolithic cultures in Gansu-Qinghai region and possible environmental forcing[J]. Quaternary Sciences,2006,26(6):923－927.]

[16] JIA X,DONG G,LI H,et al. The development of agriculture and its impact on cultural expansion during the late Neolithic in the western Loess Plateau, China[J]. Holocene, 2013, 23(1):85－92.

[17] 杨晓燕,夏正楷,崔之久,等.青海官亭盆地考古遗存堆积形态的环境背景[J].地理学报,2004,59(3):455－461.[YANG Xiaoyan,XIA Zhengkai,CUI Zhijiu,et al. Environmental settings of archaeological sites depositional process and distribution at Guanting Basin[J]. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(3):455－461.]

[18] 李吉均,方小敏,马海洲,等.晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起[J].中国科学(D 辑:地球科学),1996,(4):316－322.[LI Jijun,FANG Xiaomin,MA Haizhou,et al. The upstream of the Yellow River and the elevation of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Science in China(Series D),1996,(4):316－322.]

[19] 杨永春.论典型河谷盆地型城市兰州的发展模式[J].人文地理,2000,(1):10－14.[YANG Yongchun. The research on the developing model of Lanzhou: A typical valley basin city in the northwest China[J]. Human Geography,2000,(1):10－14.]

[20] 陈梦熊.甘肃中部之地文[J].地质论评,1947,(6):545－556,651－652.[CHEN Mengxiong. The language of the middle part of Gansu[J]. Geological Review,1947,(6):545－556,651－652.]

[21] LI J,ZHANG B,ZHU J,et al. Magneto-and pedo-stratigraphy of paleosol-loess sequences in the Lanzhou Basin: Evidence for evolution of Huang He[J]. Science Bulletin,1999,(s1):119－128.

[22] PAN B,SU H,HU Z,et al. Evaluating the role of climate and tectonics during non-steady incision of the Yellow River: Evidence from a 1.24 Ma terrace record near Lanzhou,China[J]. Quaternary Science Reviews,2009,28(27－28):3281－3290.

[23] PAN B,SU H,HU C,et al. Discovery of a 1.0 Ma Yellow River terrace and redating of the fourth Yellow River terrace in Lanzhou area[J]. Progress in Natural Science: Materials International, 2007,17(2):197－205.

[24] 杨红雄.兰州城市地域演变的历史分析[J].国土开发与整治,1999,9(4):32－36.[YANG Hongxiong. On evolution of urban and in Lanzhou[J]. Territorial Development and Management, 1999,9(4):32－36.]

[25] 黄宁生.文化遗址叠置系数及其环境意义[J].大自然探索,1996,(2):51－53.[HUANG Ningsheng. Overlap coefficient of cultural sites and it's environmental significance[J]. Exploration of Nature,1996,(2):51－53.]

[26] 陶澍.应用数理统计方法[M].北京:中国环境科学出版社,1994:201－205.[TAO Shu. Applied mathematical statistics[M]. Beijing:China Environmental Science Press,1994:201－205.]

[27] 陈彦光. 地理数学方法:基础和应用[M]. 北京:科学出版社,2011:119 - 134. [CHEN Yanguang. Mathematical methods for Geography[M]. Beijing:Science Press,2011:119 - 134.]

[28] 施少华. 中国全新世高温期中的气候突变事件及其对人类的影响[J]. 海洋地质与第四纪地质,1993,13(4):65 - 73. [SHI Shaohua. Climatic abrupt change events and their impact on human civilization during Holocene megathermal in China[J]. Marine Geology & Quaternary Geology,1993,13(4):65 - 73.]

[29] AN C,FENG Z,TANG L,et al. Environmental changes and cultural transition at 4 cal ka BP in central Gansu[J]. Acta Geographica Sinica,2003,39(9):526 - 530.

[30] LIU F,ZHANG Y,et al. The impacts of climate change on the Neolithic cultures of Gansu-Qinghai region during the late Holocene Megathermal[J]. Journal of Geographical Sciences,2010,20(3):417 - 430.

[31] 侯光良,刘峰贵,萧凌波,等. 青海东部高庙盆地史前文化聚落演变与气候变化[J]. 地理学报,2008,63(1):34 - 40. [HOU Guangliang,LIU Fenggui,XIAO Lingbo,et al. The transmutation of settlements of prehistoric cultures in eastern Qinghai caused by climate change[J]. Acta Geographica Sinica,2008,63(1):34 - 40.]

[32] 夏正楷,杨晓燕. 我国北方 4 ka B. P. 前后异常洪水事件的初步研究[J]. 第四纪研究,2003,23(6):667 - 674. [XIA Zhengkai,YANG Xiaoyan. Preliminary study on the flood events about 4 ka B. P. in north China[J]. Quaternary Sciences,2003,23(6):667 - 674.]

Relationship between the distribution of Neolithic cultural sites and topography in the Lanzhou Basin

JIANG Meng-di[1], ZHANG Peng-li[2], LIANG Bo-yi[1], LI Yu[2]

(1 *College of urban and environmental sciences, Laboratory for Earth Surface Processes, Peking University, Beijing* 100871, *China*;
2 *College of Earth and Environmental Sciences, Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), Center for Hydrologic Cycle and Water Resources in Arid Region*; *Lanzhou University, Lanzhou* 730000, *Gansu, China*)

Abstract: Research on the relationship between human settlements and environmental factors such as topographic features has important significance for understanding the mechanisms of man-land interactivity. The Lanzhou Basin, Gansu Province, China is a typical valley region and is surrounded by a series of imposing mountains and hills whose relative relief is indeed immense. Using the methods of GIS spatial analysis and binary logistic regression model, the spatial and temporal distribution of Neolithic Majiayao and Qijia cultural sites and the influencing factors were analyzed respectively in this study; then, the relationships between the distribution of human settlements and topographic factors at a longer time scale from Neolithic culture to modern settlements were investigated. The results show that the distribution scope of Neolithic sites was large. The Neolithic cultural sites including Majiayao, Banshan, Machang and Qijia are situated along the Yellow River, mainly sitting on the river terraces with smaller slopes above the river floodplain. This may be related to limited ability of humans to withstand floods at that time, and river terraces provided favorable conditions for primitive settlements formation. The range of the closest distances to the Yellow River was from 318.6 m to 17 721.7 m. The Neolithic sites had significant spatial agglomeration, especially the Machang cultural site. From Majiayao, Banshan to Machang, the proportion of the sites of single type was increased gradually from 53.3% to 92.6%, which reflected relatively unstable life style and noncontinuous cultural development. The distribution centers of the sites of Machang type are the closest ones to the Yellow River. The overlay of sites and the changes of distribution centers indicated that the migration and evolution of the sites were mainly triggered by climate change dated back to 4 200 years ago. Topography and environmental factors remarkably influenced the distribution of cultural sites, and the slope, aspect and the distance to the Yellow River determined the probability if there was a site. The model can explain approximately 65.0% of the existence of the Neolithic sites. By contrast, the occurrence of historical sites was influenced by elevation and slope, whereas that of modern settlements was influenced by elevation, slope and the distance to the Yellow River. The change of settlements distribution and influencing factors could be explained by development of social productivity.

Key words: Lanzhou Basin; Neolithic cultural sites; topography; spatiotemporal distribution; the logistic regression model